



Produktion av 3D-ljud

Tommy Finnbäck

Medieteknik

2017

Förnamn Efternamn

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Informations- och medieteknik
Identifikationsnummer:	6139
Författare:	Tommy Finnbäck
Arbetets namn:	Produktion av 3D-Ljud
Handledare (Arcada):	Johnny Biström
Uppdragsgivare:	Självständigt arbete
<p>Sammandrag:</p> <p>Arbetets område är 3D-ljud och baserar sig på litteraturstudier. Ett 3D-ljud är ett ljud som en människa kan uppfatta varifrån det är meningen att komma. För att lyckas tillverka 3D-ljud måste man förstå vilka faktorer påverkar ljudet på vägen från ljudkällan till trumhinnan och försöka replikera dem fysiskt eller digitalt. Arbetet tar upp två främsta metoderna att producera 3D-ljud, HRTF och binaural recordings. Materialet som använts är främst en bok gjord av NASA 1994 och andra ljud forskningar. Arbetet går inte djupt in på hur man programmerar HRTF utan försöker ge en allmän uppfattning vad som pågår</p>	
Nyckelord:	3D-ljud, HRTF, Binaural, Öra
Sidantal:	31
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	9.5.2017

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Information and Media Technology
Identification number:	6139
Author:	Tommy Finnbäck
Title:	3D sound production
Supervisor (Arcada):	Johnny Biström
Commissioned by:	Independent work
<p>Abstract:</p> <p>The area of this work is production of 3D sound based on literature studies. A 3D sound is a sound which virtual position is naturally understood by a human. To successfully make a 3D sound you should understand all the factors that change the sound on its way from the sound source to the inner ear and the replication of those factors be it physically or digitally. This work will cover the two main methods of producing 3D sound that is HRTF and binaural recordings. The material used is mainly a book made by NASA 1994 and research papers on human hearing and sound. The work will not cover HRTF programming but will try to give a general view of the process.</p>	
Keywords:	3D Sound, HRTF, Binaural, ear
Number of pages:	31
Language:	Swedish
Date of acceptance:	9.5.2017

INNEHÅLL

1	INLEDNING	6
1.1	Syfte och mål	6
1.2	Avgränsingar	7
1.3	Metoder	7
2	3D-ljud	7
2.1	Vad utgör ett 3D-ljud	8
2.1.1	Örat	8
2.1.2	Kroppen	12
2.1.3	Timing, volym och efterklang	13
2.1.4	Timing	13
2.1.5	Volym	14
2.1.6	Efterklang	15
3	Metoder att producera 3D-ljud	16
3.1	Binaural INBANDNING	16
3.2	HRTF	20
4	EGEN INSPELNING	23
4.1	HRTF	23
4.2	Binaural head inspelning	27
5	ÅTERGIVNING	31
6	SLUTSATSER	32
	KÄLLOR	33
	INBANDNINGAR	33
	Bilder	34

Figurer

Figur 1. Frekvensuppfattning med nya öron (Hofman m.fl. 1998 s 2)	9
Figur 2. Upfattningen av positioner med nya öron (Hofman m.fl. 1998 s 3).....	10
Figur 3. Örat indelat i områden (Hertsens 2015).....	11
Figur 4. Olika kroppsdelars frekvenssvar	11
Figur 5. Nasas frekvenssvar på öronkanalen (Begault 1994).....	12
Figur 6. En demonstration av timing för vänster och höger öra.	13
Figur 7. Presedence effekten (Begault 1994 s 36).....	14
Figur 7. En demonstration av efterklang	15
Figur 9. Neumann KU100. (neumann.com 2017)	17
Figur 10. G.R.A.S. Head and torso simulator (gras.dk 2017)	17
Figur 11. Bruel and Kjaer head and torso simulator (bksv.com 2017)	18
Figur 12. 3Dio range (3diosound.com 2017)	18
Figur 13. 3Dio omni pro binaural (3diosound.com 2017).....	19
Figur 14. Sound professionals sp-tfb-2 (soundprofessionals.com 2017)	19
Figur 15. ZiBionic (zibionic.com 2017).....	20
Figur 16. Hur man mäter HRTF	21
Figur 17. Tre olika individers HRTF (Nasa 1994 s 47).....	22
Figur 18. Screenshot av HeadMatch.....	24
Figur 19. Screenshot av SLABscape i 2d	25
Figur 20. Screenshot av SLABscape kontrol.....	26
Figur 21. anslutning av mikrofoner till 3.5mm plugg.	27
Figur 22. Frigolit öronform	28
Figur 23. Frigolit urgröpning.....	28
Figur 24. Mikrofoner i frigolit huvud.....	29
Figur 25. Testande av produkt.....	30

1 INLEDNING

3D-ljud är ljud designat för människan. 3D-ljud betyder att en individ kan med att bara höra från ett par hörlurar förstå varifrån ljudet kommer. För att uppnå ett trovärdigt resultat måste man förstå vad som påverkar ljudet på vägen från ljudkällan till trumhinnan. Människans hörsel har utvecklats över miljontals år till specifika uppgifter och vi förstår en hel del med mycket lite information. 3D-ljud handlar om små detaljer som gör helheten och ofta om kompromisser för att få ett resultat som passar så mycket folk som möjligt.

1.1 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att redogöra vad 3D-ljud betyder och hur man skall gå till väga för att producera 3D-ljud.

Frågor som kommer att besvaras:

- Varför 3D-ljud?
- Hur producerar man 3D-ljud?
- Vilka faktorer skall man ta i beaktan i produktionen av 3D-ljud?
- Vad är HRTF?
- Vad är en binaural inbandning?
- Var skall man göra kompromisser i produktionen?
- Finns det ett billigt sätt att producera 3D-ljud?

1.2 Avgränsingar

Arbetet kommer inte att ta upp all programmering som ingår i produktion av digitalt 3D-ljud utan kommer att fokusera på att ge en överblick på processen.

1.3 Metoder

Arbetet baserar sig på litteraturstudier, och en liten del praktiskt arbete. Viktigaste källan är en bok producerad av NASA år 1994. Andra källor är diverse forskningar inom 3D-ljud och frekvenssvar.

Arbetet är indelat i sex kapitel. Kapitel två tar upp alla faktorer som påverkar ett 3D-ljud. Kapitel tre tar upp metoder att producera 3D-ljud. I kapitel fyra producerar jag 3D-ljud på olika sätt och i kapitel fem diskuteras återgivningen. Kapitel sex är till för slutsatser.

2 3D-LJUD

Så kallad "visual capture" är orsaken till att t.ex. televisionens ljud fungerar så bra. Vi associerar det vi ser med det vi hör. Av liknande orsaker fungerar ett vanligt ljud av hårklippning eller tändningen av en cigarett framför ansiktet bra utan någon slags 3D effekt pga att man associerar ljudet med egna upplevelser. När vi vill återge nya ljud och nya upplevelser måste man dra till med något annat.

Att skapa en trovärdig virtuell audio miljö har alltid varit relativt enkelt. Radioprogram har sportat med det sen 50 talet. Man behöver bara vissa stereotypiska ljud för t. Ex. en lagård som en ko och lyssnaren är genast med. 3D-ljud tar effekten till nästa nivå med att ge lyssnaren ett helt landskap av ljud från alla håll som förstärker upplevelsen. 3D-ljud är speciellt imponerande tack vare att lyssnare är vana att allt kommer från en källa. Vi har

så länge lyssnat från en radio eller tv och bildat våra virtuella världar med hjälp av dem att 3D-ljudets autentiska klang naturligt imponerar. (Begault 1994)

För att leva sig in i en spelvärld eller att återge ett rum eller konsert realistiskt borde man använda sig av någon form av 3D-ljud. Användningen av riktigt 3D-ljud håller på att bli mera populärare hela tiden i dessa områden.

3D-ljud har stor potential i "Virtual reality", var ljudets form har större betydelse pga att spelaren själv rör sig istället för en statisk källa. Durand R- Begault skriver också att 3D-ljud har utvecklats för piloter för att de skall kunna veta var allt händer.

Varför inte surround sound? I en surround sound miljö är det otroligt svårt att återge ett 3D ljud. Man tappas kontrollen över rummets klang och huvudets position. Man återupptar ett ljud som redan var designat att ta i beaktan alla faktorer som gör ett 3D-ljud på nytt.

2.1 Vad utgör ett 3D-ljud

Förrän en ljudvåg kommer till trumhinnan på en människa transformeras det av flera olika faktorer. Till dessa hör timing, intensitet, örat, kroppen och omgivningen. När man producerar ett 3D-ljud tar man i beaktan alla dessa faktorer. (Hertsens 2015)

2.1.1 Örat

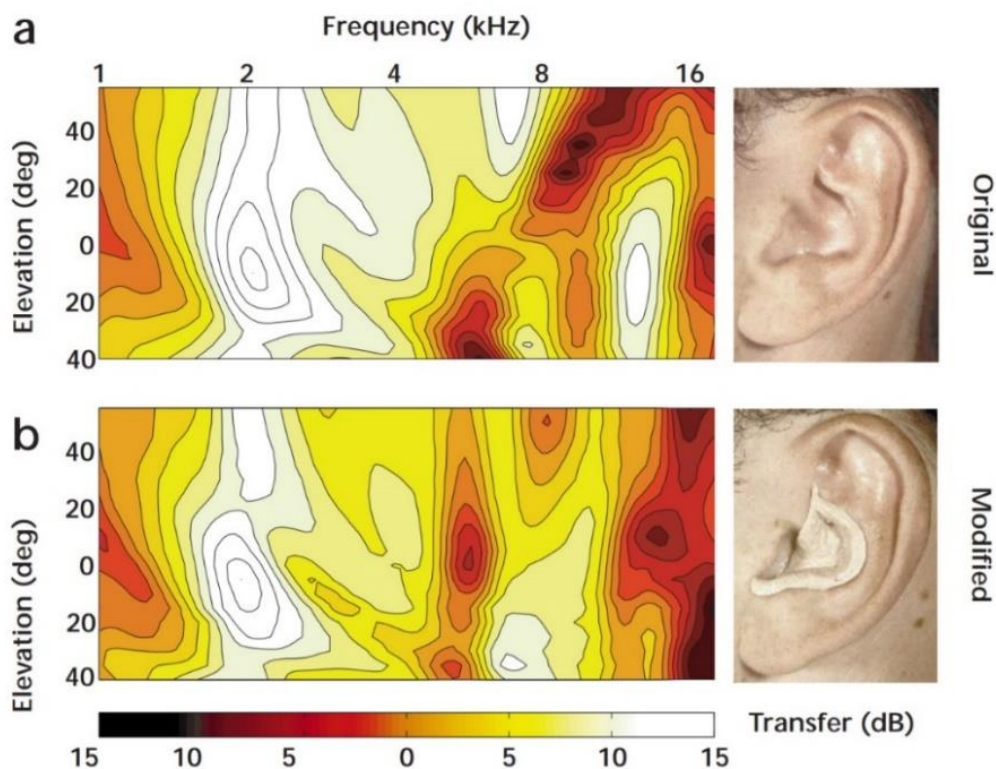
Jämfört med en mikrofon som är byggd för att ackurat mäta ett ljud har örats form stor inverkan på hur människan uppfattar ljudet. Ytterörats form har utvecklats till att uppfatta ljud på ett visst sätt. Mätningar visar att olika delar av örat speglar ljudvågor på olika vis. Olika delar av örat reflekterar olika frekvenser bättre. Ytterörat orsakar timing skillnader från 0-300µsec. (Begault. 1994 s 41)

Tack vare vår evolution när människan jagade på savannen är vår horisontala ljudpositionering naturligt mycket bättre än vertikala. Våra öron är på en horisontal linje och

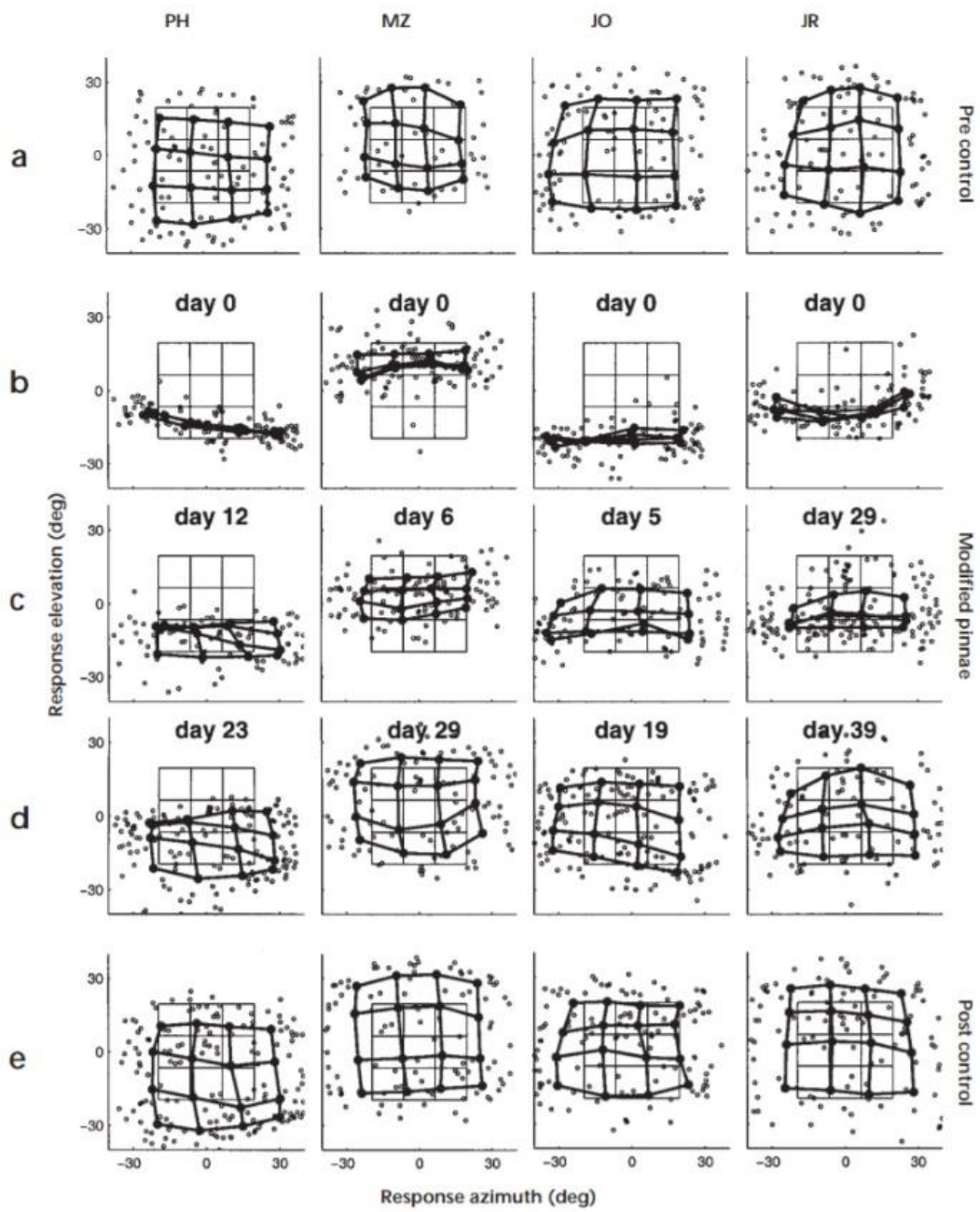
gjorda för en orsak. Tex ugglor uppfattar ljud på ett helt annat sätt, deras öron är inte symmetriska som våra utan det ena örat pekar nedåt och andra upp. Vi designar inte ljud för ugglor men det är bra att förstå vad som fungerar. (Begault. 1994 s 37)

Öronkanalens diameter (cirka 7-8mm) och längd (cirka 2,5cm) påverkar naturligt ljudet, men frågan är om man vill simulera det på grund av att det är svårt att få ljudet in till trumhinnan ostört så man kan låta lyssnarens egna öron kanal göra arbetet. (Begault. 1994 s 42)

Olika individer hör otroligt olika. Hofman, Riswick och Opstal visade 1998 att små modifieringar i personers öra påverkar stort hur man uppfattar ljud. I samma forskning undersöker dom hur länge det tar att bli van med ett nytt öra. (figur 1 och 2) (Hofman m.fl. 1998)



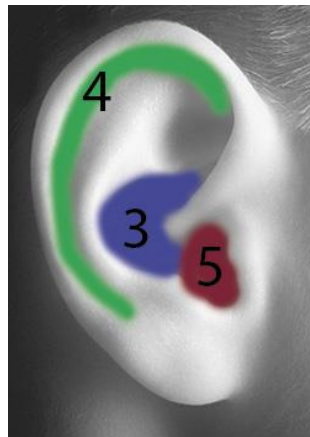
Figur 1: Frekvensuppfattning med nya öron (Hofman m.fl. 1998 s 2)



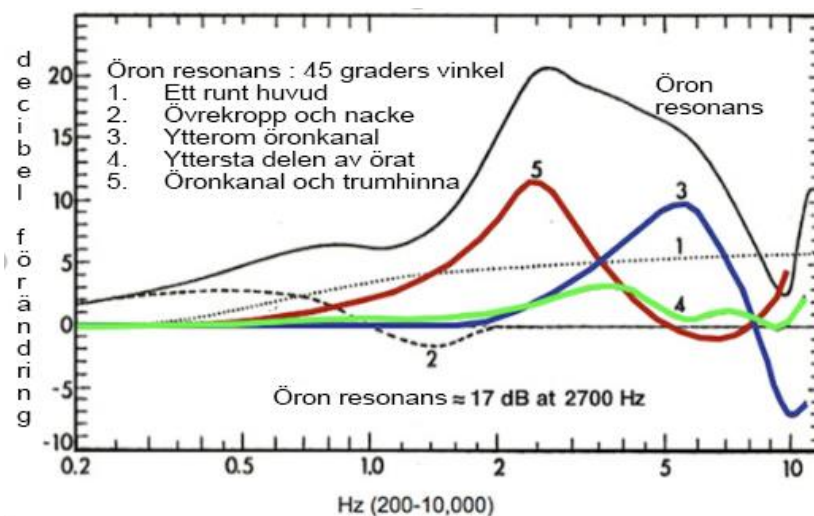
Figur 2: Uppfattningen av positioner med nya öron (Hofman m.fl. 1998 s 3)

I figur 2 ser vi tiden det tar att bli van med "nya öron", provmänniskorna fick en implant i sitt ytteröra (figur 1) och skulle lokalisera ljud på en 16 punkters tavla. Rad a är utan implant, rad b är första dagen med nytt öra, rad c och d är efter ett antal dagar och rad e är efter experimentet tog slut kontroll med vanliga öron igen. Det vi ser är att det tar tid att bli van att lokalisera ljud med nån annans öron. Slutsatsen vi kan dra är att det kommer att vara svårt att producera 3D-ljud som alla får samma upplevelse av. I produktionen borde man ta i beaktan någon sorts medelväg av örats form. (Hofman m.fl. 1998)

För att veta vad som händer med ljudet när det studsar från ytterörat använder man sig av frekvenssvar tagna vid ingången av örat. I figur 3 är öron-områden indelade, område 3, område 4 och område 5 I figur 4 ser vi resonanskurvor av de olika öron delarna och kroppen. (Hertsens 2015)

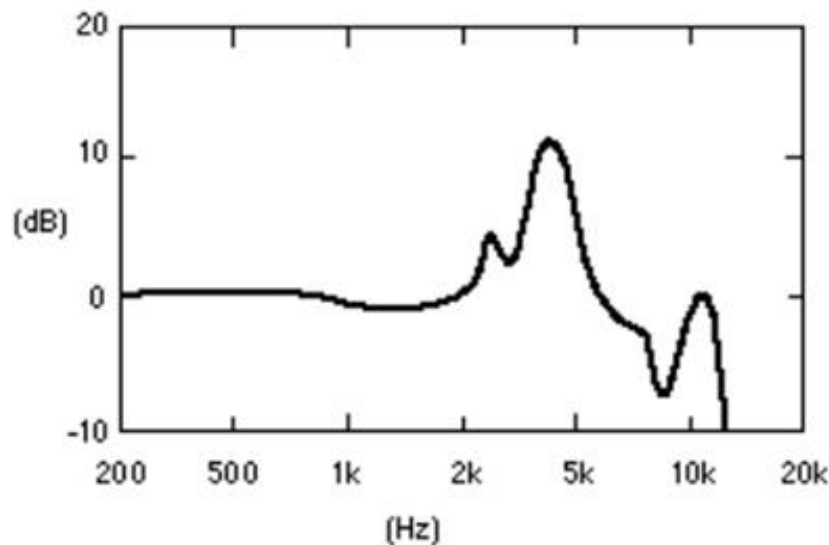


Figur 3: Örat indelat i områden (Hertsens 2015)



Figur 4: Olika delarnas frekvenssvar av örats områden (Hertsens 2015)

Från graferna ser vi hur olika frekvenser reflekteras bättre och hur människan hör ljud. När man försöker tillverka 3D-ljud använder man frekvenssvar som dessa för att veta vilka frekvenser som skall höjas och vilka som borde sänkas.



Figur 5: Nasas frekvenssvar på öronkanalen (Begault 1994)

Öronkanalens resonans är svår att mäta och det beror mycket på hur man gör det. Nasas och Tyll Hertsens tester visar hur öron kanalen påverkar olika frekvenser. Båda är med för att förevisa hur olika resultat man kan få beroende på metoden. (Begault 1994 s 43)

2.1.2 Kroppen

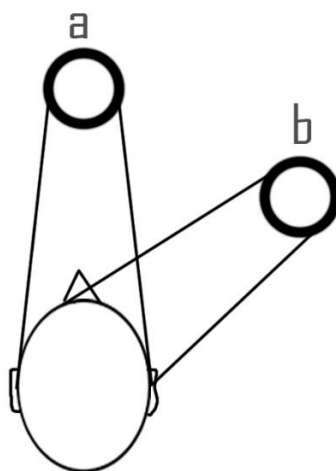
Kroppen påverkar också ljudvågorna och hur vi uppfattar ljud. I figur 4 ser vi frekvenssvaren på olika kroppsdelar. Grafen är utvecklad för att förstå hur man skall mäta high end hörlurar men fungerar bra att förevisa hur kroppsdelar påverkar ljud. (Hertsens 2015)

Kroppen har inte lika stor inverkan som tex örats form men när man vill ha ljud som kommer tex nerifrån kan det ha stor skillnad. I vissa HRTF modeller brukar man beräkna axelns ljudreflektion, vilken är mycket liten men påverkar. (Begault. 1994 s 42)

2.1.3 Timing, volym och efterklang

Timing och volym är de viktigaste delarna i skapandet av 3D-ljud. Bara en liten skillnad i timingen på höger och vänster kanal på ett ljud har stor skillnad var man tror att ljudet kommer ifrån. Man förkortar ofta timing och volym till ITD (interaural time differences) för timing och IID (interaural intensity differences) för volym. (Begault. 1994 s 31)

För människor fungerar timing skillnader bäst för att lokalisera ljud på det horisontala planet och intensitet skillnader för vertikala. (Begault 1994 s 32)



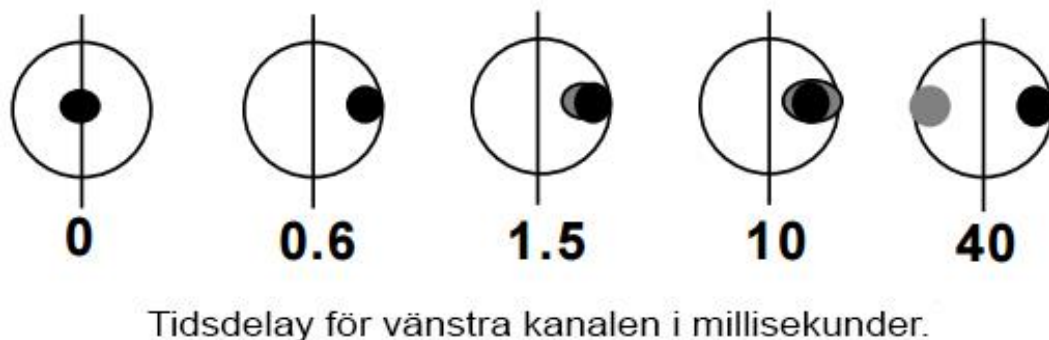
Figur 6: En demonstration av timing för vänster och höger öra.

2.1.4 Timing

Om man tänker sig ett runt huvud med 2 öron och en ljudkälla som i figur 6. När ljudkällan är rakt framför huvudet är avståndet till båda öronen lika, nu uppfattas ljudet som det skulle komma rakt fram ifrån. Genast när ljudkällan rör sig till en sida blir avståndet till det ena örat större. Den här lilla skillnaden gör uppfattar människan genast som en ny position. (Begault. 1994 s 32)

Forskning visar att olika frekvenser tar olika tid att nå trumhinnan. Om man spelade upp alla frekvenser hörbara för människan utanför örat så kommer de lägre frekvenserna att uppnå trumhinnan senare. (Begault 1994 s 45)

Om det tar längre än 40 millisekunder för ljudet att uppfattas av det andra örat jämfört med det första, uppfattas det inte som en direktion utan som ett eko. Detta kallas för "presedence effect". Vilket var demonstrerat redan 1949. I figur 7 ser vi en undersökning som NASA gjort för att demonstrera presedence effekten. Den svarta pricken indikerar från vilken sida man uppfattar att ljudet kommer, och den gråa indikerar reverb och till slut eko. (Durand R- Begault. 1994 s 36)



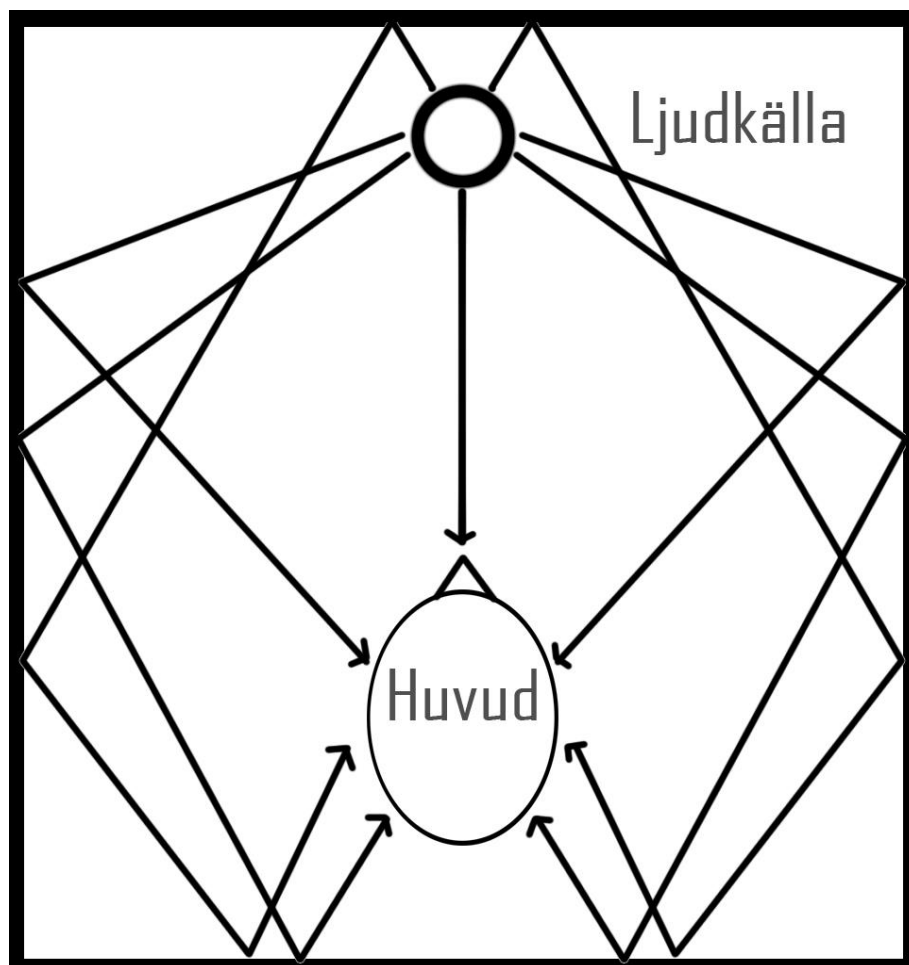
Figur 7: Presedence effekten (Begault 1994 s 36)

2.1.5 Volym

Desto längre ett ljud rör sig desto mindre decibel har det. För varje gång man dubblar längden till lyssnaren minskar decibelen med 6 och ljud trycket halveras. Detta använder människan naturligt för att veta om en ljudkälla är nära eller långt borta. Om man tex står med högra örat mot en ljudkälla som kommer närmare hela tiden men sänker sin decibel för varje steg så att ljudet uppfattas lika hårt i ditt högra öra hela tiden, så kommer människan att kunna uppskatta avståndet bara med hjälp av intensiteten i det andra örat. (Begault 1994 s 30-31)

2.1.6 Efterklang

Efterklang kommer från omgivningen. Omgivningen har sällan ingen ljudreflektion. Hur ljudet reflekteras och tiden det tar påverkar hur vi ser ett utrymme i vårt huvud. Oftast för att någonting skall låta som en realistisk miljö har man med någon sorts efterklang. Efterklang kommer naturligt när man bandar ljud med ett dock huvud och går enkelt att sätta till digitalt i en HRTF. Det finns många sätt att producera artificiell efterklang och de flesta duger.



Figur 8: Demonstration av efterklang.

3 METODER ATT PRODUCERA 3D-LJUD

3D-ljud produceras främst på två olika sätt beroende på behovet. Om man behöver en atmosfär inspelad eller vill banda in musik i ett rum använder man sig av binaural inbandning. Om man producerar för spelmiljöer eller har huvudpositionerings baserade krav gör man det digitalt med en så kallad Head related transfer function (huvudrelaterad överföringsfunktion på svenska)

3.1 Binaural INBANDNING

Binaural inbandning betyder att man med 2 mikrofoner bandar in vad båda öronen borde höra. Binaural inbandningar har använts i musik och filmproduktion. Iden är att med hjälp av artificiella öron, huvud och ibland kropp försöka reproducera en människas hörsel. Tack vare att man inte använder någon slags algoritm utan bara det man får in via mikrofonerna är det extra viktigt att huvudet är så nära verkligheten som möjligt. Själva örats form har stor skillnad med tanke på hur varje persons öra är olika och alla uppfattar ljud på olika sätt. Därför använder man ofta relativt flata öron för att få så allmänt 3D-ljud som möjligt. (Hofman m.fl 1998).

Binaural inbandningar går också att göra med en verklig person med mikrofoner så djupt inne i öronen som möjligt. Med denna teknik kan man bättre kontrollera riktningen och resultatet blir ett mycket personligt 3D-ljud.

Binaural inbandningar gjordes redan 1933 av AT&T Bell laboratories. (Brendan Redmond)

Det finns en hel del färdigt gjorda huvud till salu beroende på behovet. Vissa har axlar och kropp, vissa har bara huvud och vissa har bara ett par öron på ett avstånd. Här är de vanligaste.

Neumann KU100 pris 7,435 €

KU100 är gjord för musikinspelning och är ett av de äldsta huvudena på marknaden och en av de vanligaste.



Figur 9: Neumann KU100. (Neumann 2017)

G.R.A.S. Head & Torso Simulator KEMAR

G.r.a.s. tillverkar en hel del huvuden och kroppar för olika mätningar. Kemar är byggt på en medelväg av flera huvuden, designat för forskning i akustik. Öronen går att byta ut och mikrofonerna är fast i en öron kanals simulator inne i huvudet.



Figur 10 G.R.A.S. Head and torso simulator (G.R.A.S. 2017)

BRÜEL & KJÆR HEAD AND TORSO SIMULATOR

Bruel & Kjaer tillverkar ett liknande huvud som G.R.A.S, gjort för mätningar av hörlurar, telefoner och hörselskydd. Huvudet är symmetriskt och baserat på ett medelvärde av en vuxen människa.



Figur 11: Bruel & Kjaer head and torso simulator. (BKSV 2017)

3Dio range pris 1999 €

Gjort för musik- och filminspelningar. En high end version utan huvud, och påstår att ha samma effekt.



Figur 12: 3Dio range. (3Diosound 2017)

3Dio omni pro binaural pris pris 5499€

För inspelning av 3D-ljud från alla håll för senare rotation (90 grader åt gången) kan man använda sig av 3Dio omni pro binaural.



Figur 13: 3Dio omni pro binaural. (3Diosound 2017)

Sound Professionals SP-TFB-2 pris 89 €

Det här verktyget ser lovande ut med tanke på att få ett personligt kalibrerat 3D-ljud.



Figur 14: Sound professionals sp-tfb-2. (soundprofessionals 2017)

ZiBionic one pris 499 €

Zibionic gör ett par liknande mikrofoner som 3Dio (figur 12) men för ett mycket billigare pris.



Figur 15 ZiBionic one. (Zibionic 2017)

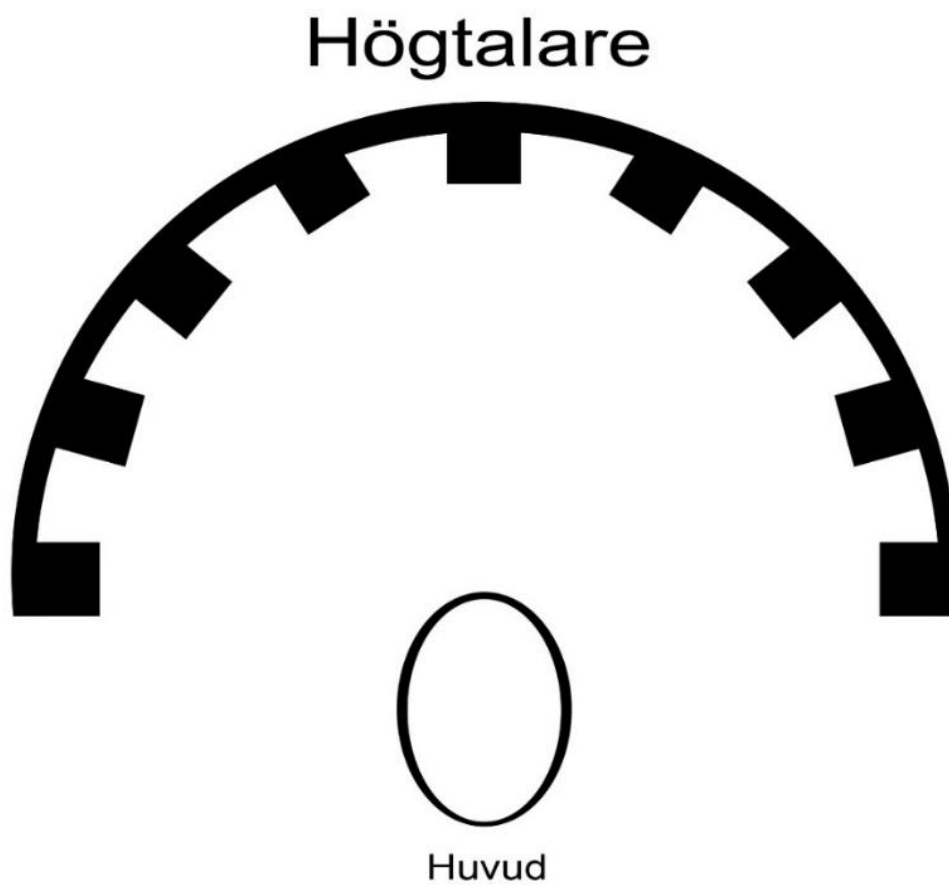
Det finns en hel del att välja på av färdigt gjorda produkter och på nätet hittar man många sätt att göra dessa själv. Allt man behöver är en huvudmodell, ett par hög kvalitets mikrofoner och ett par öron. Realistiska öron gjorda av silikon får man köpt via tex amazon.com gjorda för akupunktur studerande och mikrofoner får man från billigt från elektronik butiker.

3.2 HRTF

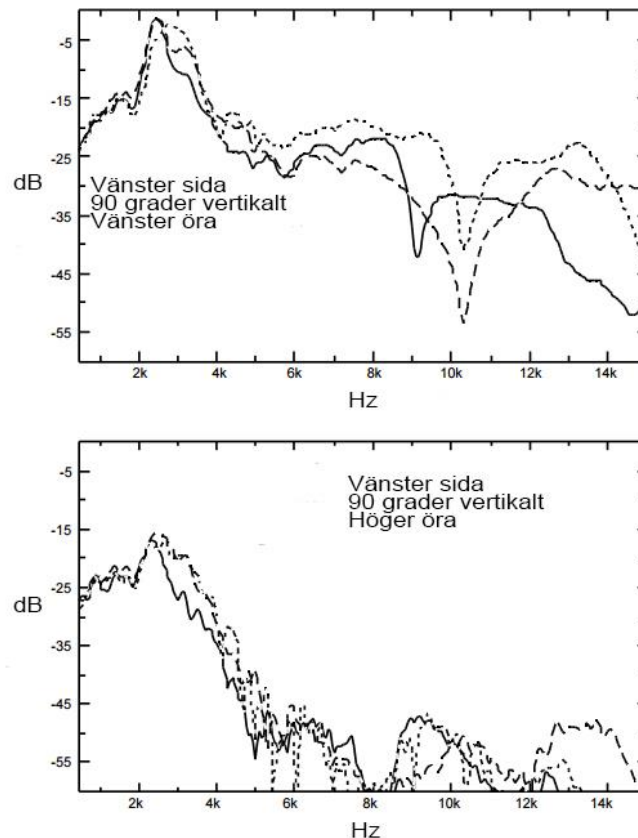
HRTF eller head related transfer function, "huvudrelaterad överföringsfunktion" på svenska (kallas också ibland "head transfer function", "outer ear transfer function" eller "directional transfer function") går ut på att simulera 3D-ljud med hjälp av algoritmer som tar i beaktan faktorer nämnda i kapitel 2. För varje virtuell position av ljudkällan är inte bara timingen och intensiteten olika utan tonfärgen ändras baserat på hur ytterörat, kroppen och huvudet påverkar ljud. Idén är att reproducera ljudet som det naturligt skulle bli vid ingången av öron kanalen.

För att lista ut hur ljudet skall återges använder man sig ofta av något sorts binauralt huvud med 2 mikrofoner i öronen. Man placerar huvudet i en halvcirkel av högtalare (figur 16) och mäter impuls svaret i båda öronen för alla positioner, man vet hur ljudet borde se ut åt en vanlig mikrofon så man implementerar skillnaderna. Samma kan göras med en riktig människa med mikrofoner placerade så nära trumhinnan som möjligt. (Beggault 1994)

För att sedan simulera andra positioner än dom man mätat tar man en medelväg mellan de två närmaste.



Figur 16: Hur man mäter hrtf.



Figur 17: Tre olika människors öron mätningar. (Begault. 1994 s 47)

För att producera det mest allmänt effektiva 3D-ljudet tar man oftast en medelväg av flera olika individers uppfattning av ljudets position. I figur 17 ser man hur tre olika individer uppfattar ett ljud som kommer från vänster. För varje frekvens vet man hur stor skillnad det bör vara till det andra örat och man ser vilka frekvenser som skall förstärkas eller sänkas. Denna data kombinerat med timingen är allt man behöver för att tillverka ett ljud som tycks komma rakt från vänster åt dessa individer. Tre individers data kan redan användas för att extrapolera en medelväg.

Beroende på kraven av användningen tar man inte alltid i beaktan alla faktorer, en stor del använder bara data för huvudet och öron, medan andra tar med kroppar och omgivning beroende på behovet. Forskare på tex NASA tog medelvägar utav marknadens största binaural head tillverkare. (Begault 1994 s 118)

Tack vare att allt går att göra digitalt kräver det bara en simulator för att uppnå effekten och det finns en massa. "Head related transfer function" är primärt som namnet säger

gjort med tanke på öron och kropp men efterklang av olika utrymmen är enkla att lägga till digitalt efter.

4 EGEN INSPELNING

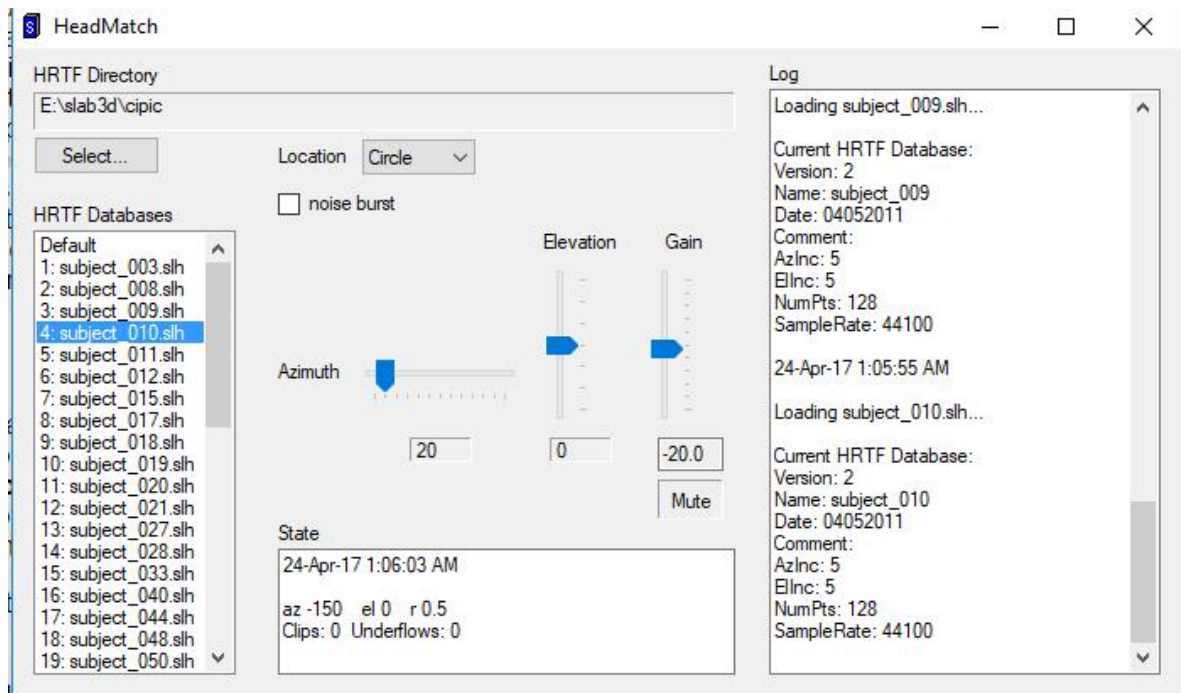
Jag spelade in 3D-ljud med all kunskap jag fått för att se hur enkelt det går och förevisa hur man gör. Jag spelade in med hjälp av HRTF simulator och en skyltdockas huvud.

4.1 HRTF

För min HRTF inspelning använde jag mig av par opensource program som faller under namnet ”Slab3D”. Slab3D var ursprungligen utvecklat av NASA Ames Research Center i deras ”Spatial Auditory Displays Lab”. Slab3D har flera olika HRTF modeller det vill säga flera olika sorters virtuella öron.

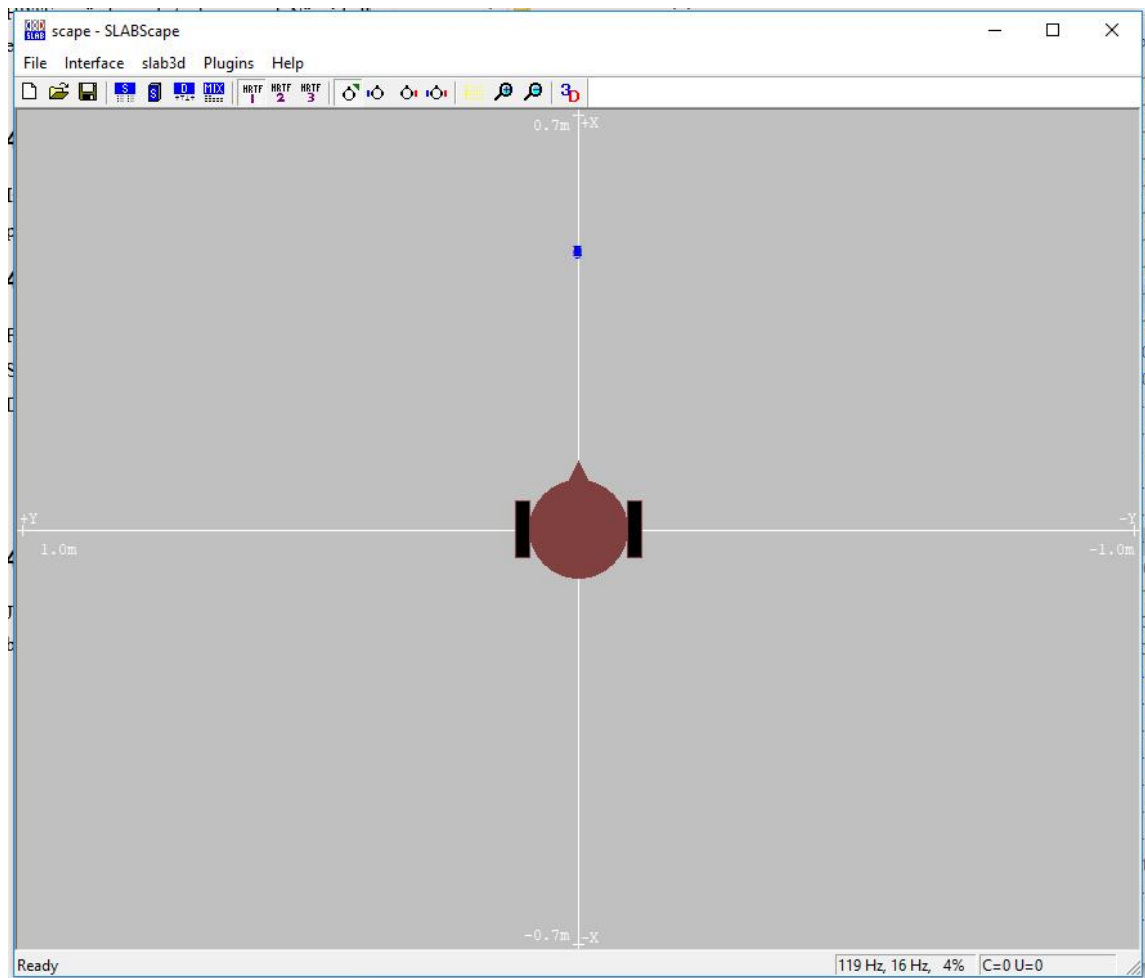
Med olika verktyg i Slab3D kan man modellera rum, ”byta” öron och simulera ljud i virtuella positioner.

För att ”välja” öron kan man använda applikationen HeadMatch (figur 18). Jag laddade ner en stor databas med olika HRTF mätningar på olika personer som jag använde för att hitta de mest passande.



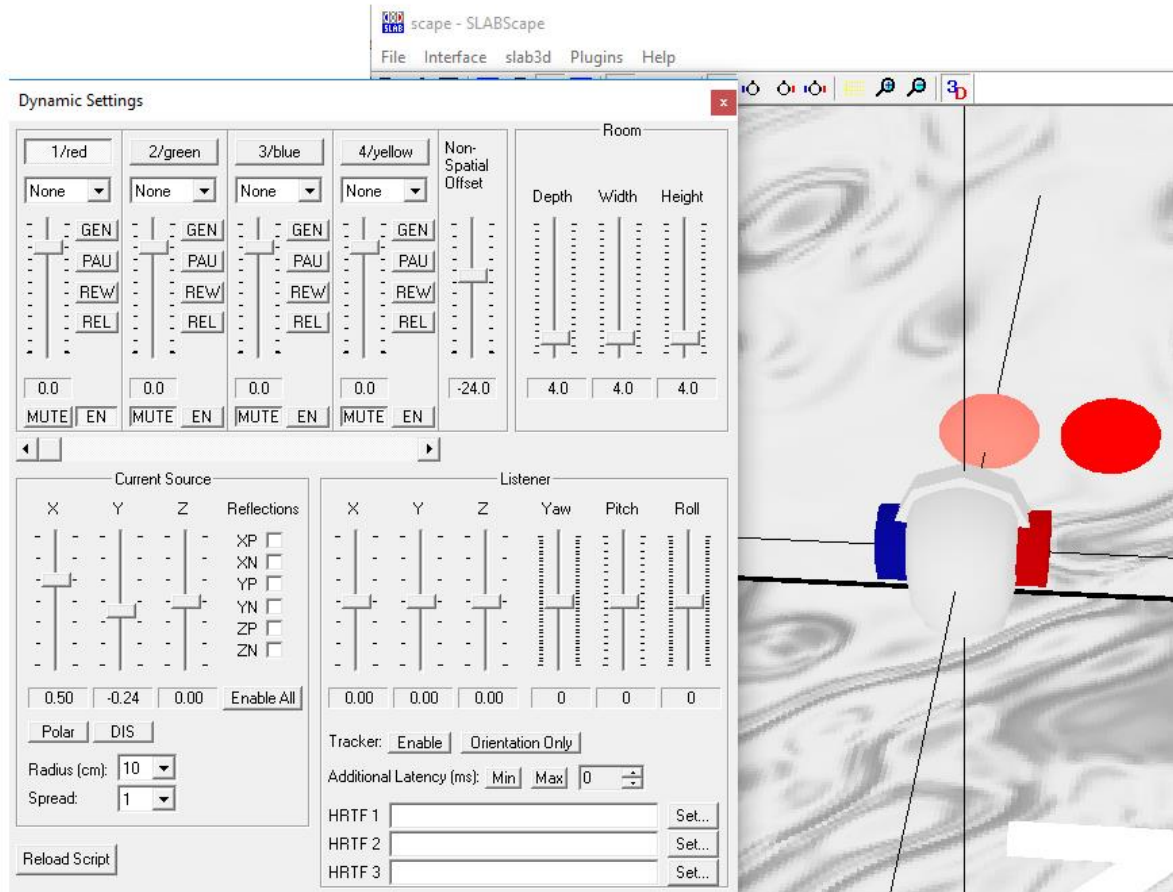
Figur 18: Screenshot av HeadMatch

För själva ljudsimuleringen använde jag mig av SLABscape. I programmet kan man ställa in hurdan omgivning man vill ha och exakta positioner för ljudkällorna. (Figur 19, 20)



Figur 19: Screenshot av SLABscape i 2d view

I SLABscape ser man tydligt var ljudkällan/källorna och huvudet är i en tvådimensionell vy (figur 19) eller en tredimensionell (figur 20).



Figur 20: Screenshot av SLABscape

I figur 20 ser vi hur man kan ändra på inställningarna. Rummets storlek är uppe till höger och lyssnarens huvudposition samt vinkel är nere till höger. Ljudkällorna är bara 4 åt gången i den här simulatoren men man kan justera alla på vänster sida. Man väljer ljudkälla och volym uppe till vänster och justerar deras position nere till vänster. HRTF modell kan man bestämma nere till höger.

För inspelning provade jag flera olika ljud men till slut valde jag ett ljud av någon som andas för att förevisa hur man enkelt lever sig in i 3D-ljud. Jag flyttade ljudkällan runt huvudet för bästa demonstration.

Resultatet finns uppladdat på Google drive och hittas i källförteckningen.

OBS! Lyssna med hörlurar.

4.2 Binaural head inspelning

High end inspelningshuvuden är överprissatta. Efter att jag hade läst om all teori bakom tekniken bestämde jag mig att bygga ett huvud själv. Tanken var inte att försöka få den högsta ljudkvaliteten utan att uppnå 3D-ljudeffekten.

Grund iden var att 3D printa ett par öron på en frigolit huvud men efter att jag läst studier på öron och sett modeller på high end mätutrustning bestämde jag mig för att använda frigolit huvudets egna flata öron för en mera allmän 3D effekt först. (Figur 22) "

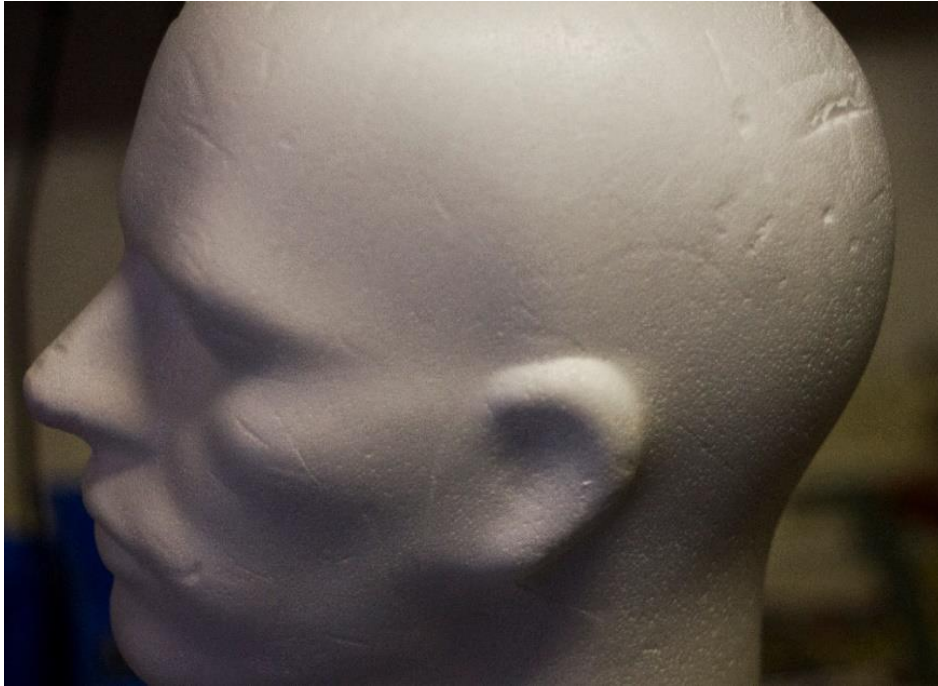
Delar använda:

- 2 Elektret mikrofoner 1,18 €/styck
- Frigolit huvud 10 €
- Skyddad mikrofon kabel 1,74 €/m
- 3.5 mm stereo plugg 1,43 €
- H1 Zoom recorder

Mikrofonerna löddes till var sin kanal på stereo pluggen som på figur 21. Jag var orolig att jag kanske behöver en preamp för att jag har två mikrofoner men jag provade först utan och det fungerade bra.



Figur 21: anslutning av mikrofoner till 3.5mm plugg.



Figur 22: Frigolit öronform.

Huvudet skars upp och gröptes ur för mikrofon placering. Öronkanalen borrades på den mest människolika platsen (figur 23).



Figur 23: Frigolit urgröpning



Figur 24: Mikrofoner i frigolit huvud

Elektret mikrofonerna löddes via skyddade mikrofon kablar till en 3,5 mm plugg och trädde in via botten till öronen. Öron kanalen gjordes så smal att mikrofonerna hålls på plats. (figur 24).



Figur 25: Testande av produkt

Slutresultatet var ett överraskande trovärdig 3D effekt. De billigaste mikrofonerna på marknaden hade ingen skillnad när allt handlar om formen på öronen och huvudet. De största förbättringarna man kan göra är förstås i öronen. Frigolithhuvudets öron var normal storlek men har förstås ingen djupare form. Timingen och volymen tycks vara de största spelarna i 3D-ljud.

Jag gick runt huvudet och bandade in med en gitarr olika positioner för att få en bra överblick av effekten. Resultatet finns uppladdat på Google drive och hittas i källförteckningen. OBS! Lyssna med hörlurar.

5 ÅTERGIVNING

Att återge 3D-ljud kommer alltid att vara svårt. Om man hade oändligt med tid och pengar, och systemet skulle vara designat för en person skulle man komma ganska nära verkligheten. I nästan alla fall måste man dra tillbaka på någonting för att möta design syftet i vilken man vill implementera det.

Durand R. Begault skriver om 3 stora frågor en audioingenjör måste överkomma när de designar ett 3D-ljudsystem.

1. Från människans synvinkel vilken är den egentliga iden med att ha 3D-ljud för användaren? Hör ljudet till något visuellt du ser eller är ljudet berättelsen? I tex virtual reality är största delen av ljuden gjorda för något man ser och tack vare SK "visual capture" så kan människan associera en hel del utan att ljudet behöver processeras överhuvudtaget. Behöver alla ljud ha en viss mening? Tänk dig en flygsimulator, om man har ett ljud för själva motorn, behöver ljudet representera maskinens skick eller bara ge atmosfär? Svaret är naturligtvis olika för piloter och hobbyister.
2. Klarar användaren av att lokalisera ljudet? Fast människan är bra på att hitta ljudkällan normalt så kan det bli svårt i en virtuell miljö pga. att man skär ner på precisionen av tex örats effekt på ljudet för att få en mera allmän upplevelse.
3. Designen måste motsvara vad man kan göra med sin hård- och mjukvara.

För att lyssna på är 3D-ljud alltid bäst med hörlurar. Ljudet är designat för att komma rakt in i öron kanalen och att få ett högtalarsystem som genuint kan göra arbetet lika bra är otroligt svårt. (Begault. 1994)

6 SLUTSATSER

En hel del ingår i äkta 3D-ljud. Om man producerar musik eller atmosfärer för film är det bäst att använda ett binauralt huvud. Om man behöver ljud för spel eller en virtuell miljö var användaren rör på huvudet måste man använda HRTF.

Själva enkelheten och resultaten med ett binauralt huvud är imponerande. Det finns så många produkter för detta ändamål och gör-det-självt metoden är mycket enkel och billig. Så länge man förstår alla krafter i spel kan man enkelt tillverka ett huvud med öron och få ett bra resultat. Största överraskningen är var hur bra ljud man får utan en ordentlig öronmodell. Efter all forskning jag gjort i örats form och hur människor hör olika hade jag tänkt mig ett mycket sämre resultat men tydligen har timingen och volymen den största inverkan på ett realistiskt 3D-ljud.

HRTF är sista slutligen otroligt ingående fast teorin är enkel. Man behöver få en modell av en hel del frekvenssvar på en horisontal linje och sedan kan man bygga en modell av hur ljudet borde låta i alla positioner med hjälp av medelvägar.

7 KÄLLOR

Durand R- Begault. 1994 3-D Sound for virtual reality and multimedia. *Ames Research Center, Moffett Field, California*

Tillgänglig: https://human-factors.arc.nasa.gov/publications/Begault_2000_3D_Sound_Multimedia.pdf

Brendan Redmond 14.11.2016 Diving into new sound dimensions with binaural recording.

Tillgänglig: <http://berkeleybside.com/sound-dimensions-of-binaural-recording/>
Hämtad 23.4.2017

Paul M. Hofman, Jos G.A Riswick, A. John Van Opstal 1998. Relearning sound localization with new ears.

Tillgänglig: <http://www.mbfys.ru.nl/~johnvo/papers/nn98.pdf>

Tyll Hertsens. 6.2.2015. Headphone Measurements Explained – Frequency response Part One.

Tillgänglig: <http://www.innerfidelity.com/content/headphone-measurements-explained-frequency-response-part-one#RL6dPGAIFzwWdGRv.97>
Hämtad 20.3.2017

György Wersényi, József Répás. 2014. A Virtual Audio Environment for testing. Dummy-head HRTFs modeling real life situations

Tillgänglig: <http://vip.tilb.sze.hu/~wersenyi/FAC2014.pdf>

Bill Gardner, Keith Martin 1994 HRTF measurements of a KEMAR dummy head microphone.

Tillgänglig: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.39.9751&rep=rep1&type=pdf>

INBANDNINGAR

<https://drive.google.com/drive/folders/0B8NIzMSRLTtaZk81dmFEMzJD-VHc?usp=sharing>

BILDER

Neumann. 2017 Dummy head KU100, Georg Neumann GmbH. Berlin,
Tillgänglig: https://www.neumann.com/?lang=en&id=current_microphones&cid=ku100_description

Hämtad 20.4.2017

G.R.A.S. 2017 head & torso simulator. G.R.A.S. Sound & Vibration.
Tillgänglig: <http://www.gras.dk/products/head-torso-simulators-kemar.html>

Hämtad 20.4.2017

Bruel & Kjaer. 2017, Head and torso simulator. Bruel & Kjaer Sound & Vibration.
Tillgänglig: <https://www.bksv.com/en/products/transducers/ear-simulators/head-and-torso/hats-type-4128c>

Hämtad 20.4.2017

3Dio. 2017. Free space pro 2. 3Dio Sound.

Tillgänglig: <https://3Diosound.com/>

Hämtad: 20.4.2017

3Dio. 2017. Omni Pro Binaural Microphone. 3Dio Sound.

Tillgänglig: <https://3Diosound.com/>

Hämtad: 20.4.2017

Sound professionals 2017. SP-TFB-2

Tillgänglig: <http://www.soundprofessionals.com/cgi-bin/gold/item/SP-TFB-2>

Hämtad 20.4.2017

Zibionic 2017. Zibionic one.

Tillgänglig: <http://zibionic.com>

Hämtad 20.4.2017